تلــوث البيئــة الاشعاعــي

أ.م.د. عبد الحسين مدفون ابو رحيل
كلية التربية للبنات – جامعة الكوفة

د. عبد الصاحب ناجي البغدادي
كلية الآداب – جامعة الكوفة

المقدمــة:

استولت مسالة تلوث البيئة في العقود الأخيرة على اهتمام كبير من قبل الباحثين والمؤسسات الصحية ودول العالم عموما وخصوصا المتقدمة منها. وتم تشكيل العديد من الهيئات والمؤسسات والأقسام العلمية الخاصة بهذا المضمار لما لهذا الموضوع من أهمية كبيرة بالنسبة للإنسان وصحته حيث يكون بالنتيجة هو المتأثر الأساسي بمسالة تلوث البيئة.

من الصعب ان لم يكن من المستحيل وضع تعريف جامع لمعنى التلوث لصعوبة الإحاطة بالأمور التي ينتج عنها التلوث والتي يمكن مشاهدتها ومعرفتها إلا ان هذا لايحول دون التوصل إلى مفهوم عام للتلوث. فقد عرف التلوث Pollution. ويعد في الوقت الحاضر بالنسبة للمنظمات الدولية اساس لموضعات التلوث. بانه (كل تغير كمي أو كيفي في مكونات الكرة الحية في الصفات الكيميائية والفيزيائية أو الحيوية للعناصر البيئية) وهذا يعني كل تغير يزيد على طاقة الكرة الحية على الاستيعاب وينتج عنه اضرار بحياة المكونات الحية من انسان وحيوان ونبات. أما الملوثات (Pollutant) فهي وفق هذا التعريف (كل مادة أو طاقة تعرض الإنسان للخطر أو تهدد سلامة مصادره بطريقة مباشرة أو غير مباشرة وهي ملوثات جوية ومائية وأرضية).

وهناك أنواع عديدة من التلوث. وهنا في هذا البحث سيتم تناول مسألة التلوث الإشعاعي للبيئة بشكل عام. وقد حدد هدفه في نطاق معرفة طبيعة التلوث الإشعاعي ومصادره والتطور الذي يطرأ على الملوثات واثاره على البيئة والإنسان وكذلك المعايير التي يقدر بها خطر التلوث الإشعاعي.

مجلة البحوث الجغرافية / العدد الرابع لسنة ٢٠٠٢ / أ.م.د. عبد الحسين مدفون ابو رحيل / د. عبد الصاحب ناجي البغدادي

١ـ نبذة تاريخية:

ان درجة تأثير الإنسان في الطبيعة عالية جدا. ويتنامى ذلك التأثير بسرعة بالغة سواء أكان ذلك على شكل إعادة توزيع المصادر الطبيعية. ام من خلال استخدام عمليات تقنية جديدة. تجعل الإنسان لايركن إلى مستقبل آمن. بل يسيطر عليه الخوف من المستقبل.

ففي عام ١٨٩٦ وعندما كان عالم الطبيعة الفرنسي (هنري بكويربل) يجري تجربة على عدد من المواد الفسفورية أكتشف بطريقة المصادفة انه عندما يتوهج ملح اليورانيوم الفسفوري الذي يحتوي على عنصر اليورانيوم فانه لايبعث الضوء فقط. وانما ايضا بنوع من الطاقة تسمى (الإشعاع). وبعد عدة تجارب اكتشف ان هذا الإشعاع له قوة نفاذة شديدة حتى في حالة عدم تعرضه لضوء الشمس. أي انه يطلق الإشعاع من تلقاء نفسه. وبعد ذلك بفترة تمكنت ماري كوري من اكتشاف عناصر أخرى لها الخاصية الإشعاعية لليورانيوم. إذ اكتشفت ان عنصر الثوريوم يطلق مثل اليورانيوم إشعاعا دون ان يتطلب تعريضه إلى الشمس. أو لأي مصدر طاقة آخر.

وبعد تجارب كثيرة اكتشفت ماري عنصرا يطلق إشعاعا بصورة اكثر قوة من الإشعاع الذي يطلقه كل من اليورانيوم والثوريوم أطلقت عليه اسم بولونيوم نسبة إلى بولندا الدولة التي ولدت فيها. وبعد ذلك بستة اشهر اكتشفت عنصرا آخر له قوة إشعاعية أقوى مما يشعه البولونيوم أطلقت عليه اسم راديوم.

آثار اكتشاف النشاط الإشعاعي اسئلة كثيرة. وعجب العلماء للإشعاع الذي يطلقه اليورانيوم والمواد المشعة الأخرى. فمن أي شيء يصنع هذا الإشعاع؟ ومن أين يأتي؟ وكيف يمكن إنتاجه؟ وهل يحدث أي تغيير في المواد التي تطلق إشعاعا؟. وكان العالم (ايرنست رذفورد) من الذين أجابوا افضل إجابة على تلك الأسئلة. وقد قدر لرذرفورد ان يعمل مع واحد من اكثر العلماء شهرة في زمانه وهو (ج.ج. تومسون) وفي تلك الفترة اكتشف تومسون وجود دقائق ضئيلة جدا تحمل شحنة كهربائية أطلق عليها (إلكترونات) وقاس تومسون الشحنة الكهربائية والكتلة في الإلكترونات وساعده رذرفورد.

وأظهـرت النتـائج ان جميـع الالكترونـات متماثلـة. وان كـل إلكـترون يحمـل شـحنة كهربـائية واحدة وانها أخف حوالي (١٨٣٨) مرة من ذرة الهيـدروجين. وهنـاك نوعـان من الشحنات الكهربائية الموجبة والسالبة. ووجـد تومسـون ان الإلكترونـات مشـحونة بالشحنة السالبة.

وبعـد عـدة سنوات مـن البحـث قضاها رذرفـورد ليفهم تماما طبيعـة إشـعاع اليورانيوم وغيره من العناصر ذات النشاط الإشعاعي. وجـد ان هـذا الإشـعاع مكـون مـن أنواع مختلفة من الأشعة. أحدها تيار من دقائق سريعة جدا مشحونة بشـحنة موجبـة أطلق على تلك الأشعة اسم (أشـعة ألفـا) والـدقائق (دقـائق الفـا) ومعـروف الآن ان بقيـة دقيقة الفا اثقل أربـع مـرات تقريبـا مـن ذرة الهيـدروجين. كمـا وجـد نوعـا ثانيـا مـن الأشعة هو عبارة عن تيار من الدقائق السريعة جدا مشحونة بالشحنة السـالبة واطلـق رذرفورد عليها اسم (أشعة بيتـا) وعلـى الـدقائق التـي تتكـون منهـا (دقـائق بيتـا) ولم يستغرق وقتا طويلا ليدرك ان دقائق بيتـا ليسـت إلا إلكترونـات سـريعة جـدا. وكـان يعرف هذه الإلكترونات جيدا من عمله مـع تومسـون. وعثـر عـالم فرنسـي علـى نـوع ثالث من الأشـعة هـي (أشـعة كاما) وهـي مماثلـة لأشـعة الضـوء ولكنهـا تختلـف عنهـا بالطول الموجي وذات قوة اختراق اكبر. واتفق العلمـاء علـى ان أشـعة الفـا وبيتـا وكاما لابـد ان تأتـي من الذرات. ولايمكن ان تاتـي من أي شيء آخر.

ان العناصر المشعة التـي ذكرناها والتـي عثر عليها في الطبيعة تسمى ((النظـائر المشعة الطبيعية) أما ((النظائر المشعة الاصطناعية) فهي التـي صنعها الإنسان من خلال تحويل معظم العناصر المستقرة إلى نظائرها المشعة بواسطة بعض التفاعلات النوويـة حيث تمكن الإنسان من اصطناع الف نظير مـن النظـائر المشعة المختلفـة والتـي كـان الانسان السبب في جعلها مشعة ولها اهيمتهـا الكبيرة وفي البحـث العلمـي والزراعـي والصناعي والطبي (سعيد، ١٩٨٦، ص٢٥).

لا نريد ان نبحث هنا في الأسس الفيزياوية لأطلاق الطاقـة النوويـة بقـدر مـا نريد ان نلقي الضوء على تأثيراتها وأخطارها البيئية. إذ ان تزايد عـدد الاسـتخدامات

النووية في مجالات متعددة سلمية وحربية ادى إلى توسع نطاق التلوث الإشعاعي من اقليمي إلى تلوث عام شامل وهذا سيقود إلى زيادة لامفر منها للجرعة الإشعاعية التي تستلمها شعوب الكرة الأرضية. وعلى هذا الأساس لابد من توجيه الاهتمام إلى الأخطار الناجمة عن تنامي دائرة الإشعاع.

في منتصف عام ١٩٤٢ جربت الولايات المتحدة اول قنبلة ذرية في صحراء نيفادا أعقبتها بعد ذلك بقليل إسقاط قنبلتين على مديني هيروشيما وناكازاكي في بداية آب من العام نفسه وقبل ان تعود الطائرات الأمريكية إلى قواعدها كان ٧٥٪ من المدينتين قد دمرت ومات من سكانها مائة ألف أو يزيد كما ظهرت إصابات على نصف مليون شخص عانوا من التأثيرات الإشعاعية لسنوات طويلة بعد هذا الحادث الرهيب.

لقد سرت حمى التجارب النووية من اجل التسابق في التسليح النووي وبوتيرة متصاعدة وكان تأثير تلك التجارب التي جرت على سطح الأرض بسبب تصاعد ملايين الأطنان من الأتربة الحاملة للإشعاع. والمعروف بالغبار الذري إلى الجو وانتقاله إلى مئات بل آلاف الكيلومترات عن مواقع اجراء التجارب. لابل ان الذرات الناعمة قد تدور حول الأرض عدة مرات قبل ترسبها مرة ثانية إلى سطح الأرض بصورة طبيعية أو الأمطار الساقطة.

لقد جرت آلاف التفجيرات النووية لحد الآن ويبدو ان شبح التجارب النووية وما تعكسه من مخاطر على البيئة بعناصرها الاساسية الثلاثة الهواء والماء والتربة قد اصبح واقعا ملموسا في كثير من دول العالم. ومما زاد في الخطر هو الاستخدام الفعلي لهذه الأسلحة ضد عدد من دول العالم كما حدث لقطرنا الصامد اثناء العدوان الثلاثيني عليه عام ١٩٩١ حيث استخدم اليورانيوم المنضب في عتاد الدبابات أو قنابل الطائرات. وقد برزت خلال الفترة التي اعقبت العدوان من خلال الأمراض السرطانية التي زادت بنسبة عالية وتلويث البيئة.

٢ـ مصادر التلوث الإشعاعي:

عرف الإشعاع بشكل عام بانه حالة فيزيائية لانتقال الطاقة في الزمان والمكان من خلال الموجات والجسيمات في الفراغ والاوساط المادية الأخرى. ويخضع الإشعاع إلى قوانين الحركة كحامل الطاقة وعلى الشكل الهندسي لمصدر الإشعاع وعلى خواص الوسط المحيط. كما عرف النشاط الإشعاعي بانه تحولات نووية آنية مصحوبة بانبعاث اشعاعات مختلفة.

ويتعرض الإنسان للإشعاع الطبيعي، كما يتعرض للإشعاع الصناعي الذي ينتجه بيديه. وتعرض الإنسان للإشعاع الطبيعي القادم من الفضاء الخارجي ام المنبعث من الأرض له أهمية في تغيير الخصائص الوراثية. وهو أحد العوامل الأساسية في تطور الاجناس بين الكائنات الحية. لكن التعرض للإشعاع بدرجة تفوق ما هو طبيعي يصيب الجسم بالأمراض وبالإمكان ان يتسبب في تشويه جنيني. اذ يمكن ان نلخص مشكلة التلوث الإشعاعي بانها تزايد تعرض الإشعاع غير الطبيعي عقب استعمال الإنسان للمواد المشعة الطبيعية أو الصناعية. لذا فان هناك مصدران رئيسان للإشعاع:

١ـ الإشعاع الناجم عن المصادر الطبيعية : ويشمل :

أ) الأشعة الكونية:

تصل إلى الأرض كمية من الاشعاعات القادمة من الفضاء الخارجي ومن الشمس. وتحتوي هذه الاشعة على أنواع مختلفة من الاشعات المؤينة وعن دخول هذه الاشعاعات إلى الغلاف الجوي للأرض تتفاعل مع المواد المكون منها هذا الغلاف فتتغير محتوياتها وتضعف كمياتها التي تصل إلى سطح الأرض. لذا يعتبر الغلاف الجوي حاجزا واقيا من تلك الاشعاعات.

تتكون الأشعة الكونية من سيل من الجسيمات الاولية ونوى الذرات وتمتلك هذه الأشعة طاقات خارقة ولذلك يعتقد بانها تمر في مجال تعجيل كوني في جزء من الكون.

تصنف الأشعة الكونية إلى المكونات الآتية: الأشعة الكونية وتتكون من بروتونات (٩١,٥٪) وجسيمات الفا (٧,٨٪) ومكونات أخرى. أما الأشعة الكونية الثانوية (على ارتفاعات واطئة) تتكون بدورها من نوعين رئيسين. أشعة ضعيفة وسبب هذه التسمية سهولة امتصاصها حيث يمكن حجبها بطبقة من الرصاص سمكها (١٠-١٥سم) واخرى قوية لايمكن ايقافها بطبقة الرصاص المذكورة. وتتكون الأشعة الضعيفة بصورة رئيسة من إلكترونات وبوزوترونات وفوتونات. والاشعة القوية تتكون من الميومزونات، وتكون نوى ذرات العناصر المختلفة حوالي ١٪ من هذه الأشعة.

ان معدل طاقة الأشعة الكونية هي بحدود عشرة آلاف مليون إلكترون فولت للجسيمة الواحدة. وتتغير الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها الإنسان من الأشعة الكونية بتغير المكان والارتفاع. فمثلا تصل الجرعة المكافئة عن سطح البحر في منطقة خط الاستواء إلى حوالي ٢٢ملليريم في السنة في حين تصل هذه الجرعة إلى ٥٦ملليريم عند ارتفاع ٢كم عن سطح البحر. كذلك تصل الجرعة الناتجة عن الأشعة الكونية في الجزر البريطانية عند سطح البحر إلى حوالي ٥٠ملليريم في السنة. وبالإضافة إلى التأثير المباشر للاشعة الكونية على البشر فأنها تؤدي إلى إنتاج بعض المواد المشعة في الغلاف الجوي نتيجة تفاعلها مع مكونات هذا الغلاف. فعند اختراقها للغلاف الجوي تتفاعل النيوترونات الكونية مع النتروجين ١٤ فيتكون الكربون ١٤ المشع (سعيد، ١٩٨٦، ص٤٨-٤٩).

ينتشر الكربون ١٤ المتكون في الغلاف الجوي حتى يصل إلى سطح الأرض فيدخل فى تركيب جميع المواد الحية الموجودة على الأرض. وعند موت الكائن الحي يتوقف استيعابه إلى كربون ١٤ ونتيجة تحلل هذا الأخير يمكن معرفة عمر الكائن الحي. فكلما قل الكربون ١٤ داخل جسم الميت ازداد عمره إذ تتحلل نواة الكربون ١٤ إلى اشعة بيتا ونيتروجين. فكلما قلت كمية الكربون ١٤ المشع داخل الجسم قلت كمية الإشعاع الناتجة عنها وأمكن تخمين المدة التي مضت منذ موته.

عموما، ان النويدات المشعة الموجودة في الغلاف الجوي أو في التربة قد تدخل إلى جسم الإنسان عن طريق الهضم أو التنفس أو الجرح. ومن النويدات المهمة التي

تسهم في الجرعة الداخلية نويدات البوتاسيوم k٤٠.

ب) الاشعاعات الصادرة من التربة:

تحتوي القشرة الخارجية للكرة الرضية كميات ضئيلة من اليورانيوم والثوريوم المشعين ونواتجهما الوليدة. ويختلف تركيز هذه العناصر المشعة الطبيعية في التربة إلى حد كبير معتمدا على نوع وتركيب الصخور حيث يكون التركيز في المناطق التي تحتوي على الحجر الرملي والحجر الجيري اقل بكثير منها في حجر الصوان والصخور النارية. وكذلك يعتمد تركيز العناصر المشعة في الصخور النارية على كمية السلكات الموجودة فيها ويعتمد ايضا على قلوية أو حامضية التربة فالصخور الحامضية ذات نشاط اشعاعي أعلى من الصخور الشديدة القلوية (الغراوي، ١٩٩٩، ص٦٠). أما بالنسبة للصخور الرسوبية فعند تكسير هذه الصخور فان اليورانيوم أما ان ينتقل مع بقايا الصخور أو يذوب في المياه السطحية أو المياه الجوفية وهو ينتقل بصورة رئيسة على شكل مركبات كاربونية في القعر الرسوبي وفي هذه الحالة فان الترسبات التي في قعر المياه كالطمر تصبح غنية باليورانيوم (مارتن، ١٩٨٩، ص٧٥). وعموما يعتمد النشاط الإشعاعي في التربة على النشاط الإشعاعي في الصخور التي كونت التربة (اصل التربة) وعلى الفعاليات الكلية التي حدثت لتكوين التربة (سعيد، ١٩٨٦، ص٨٣) واعلى تركيز لليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم يكون في ترب ناشئة من صخور بركانية حامضية والطمى. انظر جدول رقم (١) على أي حال، ان مصادر الإشعاع موجودة في القشرة الارضية، منذ تكوين الكرة الأرضية وكان مصدرها خليط من عدة نظائر مشعة والتي وجد فيها بعد بانها ذات علاقة ببعضها وتسبب ثلاثة سلاسل مهمة في الطبيعة وهي سلسلة U٢٣٥، وسلسلة U٢٣٥، وسلسلة Th٢٣٢ (الجنابي، ٢٠٠١، ص٤٥). وعادة تدخل النويدات المشعة إلى جسم الإنسان عند تناوله النباتات أو منتجات الحيوانات التي تتغذى على تلك النباتات.

جدول رقم (١)

تراكيز العناصر المشعة في الصخور المختلفة (بيكوكوري/غم)

نوعية الصخور	راديوم ٢٢٦	يورانيوم ٢٢٨	ثوريوم ٢٣٢	بوتاسيوم ٤٠
النارية	١,٣	١,٣	١,٣	٢٢
الرسوبية الرملية	٠,٧١	٠,٤	٠,٥٦	٨,٨
الرسوبية الطينية	١,٠٨	٠,٤	١,١٠	٢٢
الجبسية	٠,٤٢	٠,٤	٠,١٤	٢,٢

المصدر: (طارق احمد محمود، علم وتكنولوجيا البيئة، مطابع جامعة الموصل، الموصل، ١٩٨٩، ص٢٤٨).

جـ) الاشعاعات الموجودة في جسم الإنسان:

يحتوي جسم الإنسان على كميات ضئيلة من العناصر المشعة كالكربون ١٤ والبوتاسيوم ٤٠، وبالإضافة إلى ذلك تدخل الغازات المشعة مثل الرادون والثورون إلى الإنسان عن طريق التنفس، وهذه الغازات ناتجة عن تفكيك اليورانيوم والثوريوم المشعين الموجودين في التربة، وفضلا عن ذلك تدخل بعض المواد المشعة إلى جسم الإنسان مع الغذاء الذي يحتوي على كميات ضئيلة من المواد المشعة (سعيد، ١٩٨٦، ص٤٩).

٢ـ الإشعاع الناجم عن المصادر الصناعية:

وهذه الاشعاعات ناجمة عن انشطة الإنسان المختلفة واهمها:

أ) الإشعاعات الناجمة من التفجيرات النووية التجريبية (متساقطات إشعاعية) أو استخدام الأسلحة النووية.

ب) الاشعاعات الناجمة من الاستخدامات الطبية، إذ تستخدم الاشعاعات بشكل كبير في الحقل الطبي سواء لأغراض التشخيص أو المعالجة كعلاج بعض الأورام السرطانية، وكذلك يتعرض الاطباء ومساعديهم مع المرض لخطر الاشعاعات عند استخدامها لهذه الاغراض.

ج) الفضلات المختبرية الناجمة عن الفعاليات البايلوجية والكيمياوية المختلفة التي

تستخدم فيها مختلف المواد المشعة كذلك استخدام النظائر المشعة في نواحي متعددة كالطب والصناعة والزراعة.

أما فيما يتعلق بوحدات القياس للإشعاع فهي عديدة ومتنوعة. فبعض الدول تعتمد وحدات قياس معينة. في حين ان البعض الاخر تفضل وحدات قياس مختلفة. ويظهر ان هناك شيء من الفوضى في مجال استعمال هذه الوحدات القياسية. مما يساعد على ضياع القارئ إلى حد ما. وأدناه تعريف لبعضها:

- الكوريcurie: وهي وحدة القياس الحديثة. وتقيس النشاط بعد الانحلالات Disintegrtions في الثانية في مصدر مشع.
- الراد: يقيس الجرعة المتناولة. أي كمية الطاقة الممتصة من قبل وحدة كتلوية من المادة.
- الريم (rontgen equivatent man)rem: وهي وحدة لقياس الجرعات المشعة المترسبة للشخص. وهي تساوي الجرعة الممتصة بالراد مضروبة بعامل نوعية الإشعاع.
- الرونتجن: هي وحدة قياس دولية لأشعة كاما وللأشعة السينية. وتساوي تلك الكمية من الأشعة التي تنتج شحنة الكتروستاتيكية (سلبية أم ايجابية) في السنتمتر المكعب من الهواء الجاف على درجة صفر من الحرارة وتحت ضغط جوي عادي.

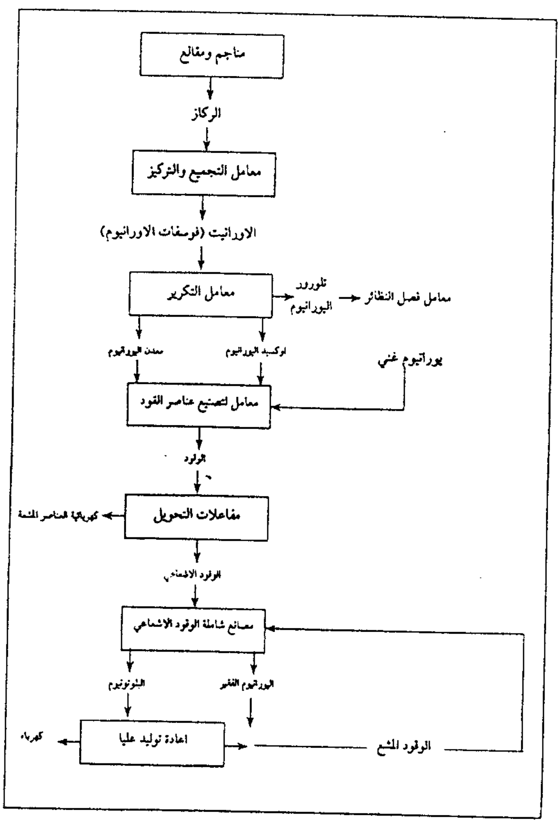
٣- تلوث البيئة الاشعاعي:

يعد تلوث البيئة الإشعاعي (الهواء والماء والتربة) واحدا من النتائج السلبية لاتساع الاستخدامات النووية في المجالات السلمية والحربية. والتي سوف يؤدي إلى توسيع نطاق التلوث الاقليمي إلى تلوث عام وشامل يمكن ان تظهر اثاره على سطح الكوكب برمته.

فبالنسبة لتلوث الهواء الاشعاعي. فيعد استخدام الطاقة النووية سببا رئيسا

لتلوث الهواء بالنشاط الإشعاعي. أي تلوث الهواء بالعناصر المشعة الطبيعية والاصطناعية التي تعمل على زيادة نسبة النشاط الإشعاعي المعتاد في الهواء مما يشكل خطرا كبيرا على الصحة العامة.

فالمادة النووية الأساس التي يتم الحصول عليها عبر سلسلة من العمليات تبتدئ من مناجم اليورانيوم ليتم بعدها تعدين الخامات في مصانع مخصصة لهذه الغاية. ومن ثم يتم معاملتها في المفاعلات النووية واجهزة المعالجة الكيميائية. أما مجالات استخدامها فيمكن ان نجملها طبقا للأهداف الآتية: (توليد الطاقة – المختبرات العلمية- المعالجة الإشعاعية – وسائط الدفع والاطلاق – التفجيرات النووية والمجالات الحربية). انظر مخطط رقم (١).



مخطط رقم (١) دورة اليورانيوم

برغم ان مشكلة الهواء هي محدودة في مضمار هذه العمليات لهذه العناصر (العمليات الصناعية المفاعلات النووية واجهزة المعالجة الكيميائية) التي يتم معظمها في الحالة السائلة لان الامكانات الوحيدة للتلوث الهوائي تكون من المنتجات الطيارة أو من الرذاذ السائل، فان التلوث بالمساحيق والغبار يحدث في المناطق التي يتم فيها العمل وذلك اثناء العمليات الصناعية والمعاملة التعدينية لليورانيوم أو الثوريوم. غير ان التلوث الرئيس للهواء

يكون بفضل العناصر المشعة الاصطناعية وذلك على شكل جزيئات دقيقة جدا معلقة ومحمولة في الهواء.

كما يعد استخدام العناصر المشعة على نطاق أوسع في الصناعة والطب والأبحاث العلمية هو الآخر مصدرا للتلوث الإشعاعي. فالخطورة الكبيرة في هذا الإطار تتأتى من الفضلات المتخلفة ومن مختلف نواتج الاختبارات مفرزات العناصر المشعة بعد استعمالها فالتلوث الهوائي الذي ينتج عن هذه العمليات يعد عموما قليل الاهمية باستثناء المواقعة التي يتم فيها العمل وتنتشر فيها العناصر المشعة.

فيما تكون التفجيرات النووية التجريبية وكذلك العمليات الحربية التي تستخدم فيها العناصر المشعة مصدرا خطيرا لتلوث الهواء الإشعاعي وبالتالي البيئة المحيطة بشكل عام. حيث تحول درجات الحرارة المرتفعة التي تترافق مع الانفجار مختلف العناصر المشعة إلى حالة غازية أو على شكل جزيئات متناهية في الصغر تنقذف في الجو إلى ارتفاعات عالية جدا. فالتلوث الرئيس للهواء يتولد مباشرة في اماكن وقوع الانفجار في حين ان التلوث الثانوي يتكون من التوضعات والترسبات المشعة فمسار هذه الجزئيات في الجو للارتفاع التي قذف بها الانفجار وتبعا لحجم هذه الجزئيات. في حين يتسم توضعها وانتشارها على سطح الأرض بفعل مياه الأمطار.

أما بالنسبة لتلوث الماء الإشعاعي فيعد واحدا من النتائج السلبية لتزايد الاستخدامات النووية في مجالات متعددة، وخاصة استخدامات الطاقة النووية. فالمعامل النووية كغيرها من الصناعات التي تأتي مخاطرها من المخلفات التي تبقيها، فكيف إذا ما اضافت هذه المصانع المخلفات الإشعاعية التي تزيد عمليات التفكك الإشعاعي التي لايمكن تغييرها باية وسيلة. لهذا السبب فان معالجة هذه المخلفات وحصرها لايمكن ان يتم إلا من خلال تركيزها وتكتيلها لأصغر حجم ممكن. مما يقودنا إلى نوعين من المخلفات: سائلة أو صلبة شديدة الإشعاع يتوجب خزنها لأن انتشارها في الشبكة المائية الطبيعية يمثل خطرا كبيرا. ان الحجم الكبير للمقذوفات السائلة القليلة الإشعاع والتي يتم تفريغها في الوسط المائي يكون مصدرا اساسيا للتلوث بالعناصر المشعة. أما المصدر الثاني للتلوث فهو من المخلفات المشعة الناتجة عن

مجلة البحوث الجغرافية / العدد الرابع لسنة ٢٠٠٢ / م. د. عبد الحسين مدفون البو رحيل / د. عبد الصاحب ناجي البغدادي

التجارب النووية والعمليات الحربية المستخدمة فيها العناصر المشعة ويعمل هذان المصدران على زيادة الاشعاعات الطبيعية للماء.

في المياه السطحية يلاحظ تذبذب كبير وعدم استقرار في تركيز العناصر المشعة الرئيسة التي تكسب المياه النشاط الإشعاعي الطبيعي وهي (البوتاسيوم – نظير البوتاسيوم ٣٩، والنواتج المنتمية إلى عائلة اليورانيوم والثوريوم)، في حين ان المياه المعدنية الباطنية تركيز مرتفع من الراديوم والرادون اكبر واكثر استقرارا من المياه السطحية.

كذلك فان الترسبات المشعة التي تتولد باستمرار من الأمطار تعد هي ايضا مصدرا لتلوث المياه، لكن قدرتها على التلويث منخفضة (الصطوف، ١٩٨٧، ص٣٤-٣٥).

أما فيما يتعلق بتلوث التربة الإشعاعي فأنه يتم بنطاقه الضيق والمحدود وبالمقارنة مع التلوث الإشعاعي للهواء والماء، إذ تتعرض المناطق المتاخمة والمجاورة لوحدات الاستخراج المنجمية، والمناطق التي يتم بها خزن المواد المشعة، أو التي تتعرض للعناصر المشعة خلال العمليات الحربية إلى تلوث مباشر بصورة دائمة.

عموما تتشبع التربة على أعماق قليلة بالعناصر المشعة أثناء توضع وترسب هذه العناصر على الأرض مما يسبب تلوث للنباتات والحيوانات التي تحصل على غذائها من التربة والماء الذي يقع ضمن نطاق هذه الملوثات، وبالمحصلة إلى الإنسان. ان انتقال ومسار العناصر المشرعة يتعلق بالدور البايلوجي الخاص بكل نوع، كما يتعلق بالتبادل المستمر بين الأصناف النباتية والحيوانية. بصورة عامة تتركز الإشعاعات بالنسبة للنباتات القارية في الأوراق والساق اكثر من البذور والثمار. وهذا على عكس الأعشاب التي تتركز فيها الاشعاعات في أماكن مغايرة لتلك الأنواع من النباتات التي تؤكل بذورها أو أثمارها.

٤ـ آثار التلوث الإشعاعي على الإنسان والبيئة:

يقصد بآثار التلوث الإشعاعي الآثار الضارة وغير الصحية التي تصيب الإنسان

الذي يعد احد أهم عناصر المجال الحيوي في البيئة. لذلك لايمكن الفصل اطلاقا بين الأضرار التي تصيب البيئة والأضرار التي تصيب الانسان. فالبيئة مسخرة لخدمة الإنسان زيادة على أنها مصدر ادامة حياته.

ومن المفيد هنا ان نذكر بعض عناصر المعرفة الضرورية لتحديد مدى تأثير أي تلوث على البيئة وهي: (محمود، ١٩٨٩، ص٣٥٠):

١- نوعية وكمية الملوث المطروح.

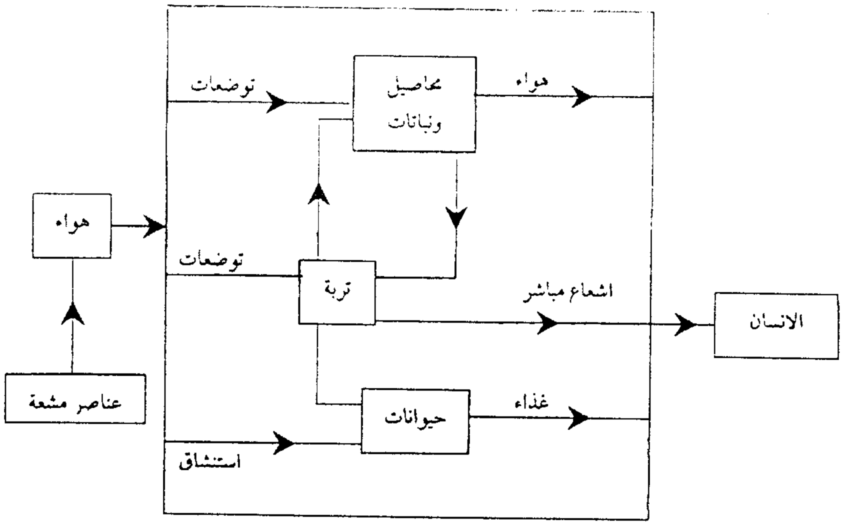
٢- طبيعة انتشار ذلك الملوث في موقع طرحه.

٣- المسارات الحيوية التي يتبعها ذلك الملوث في دورات الطبيعة.

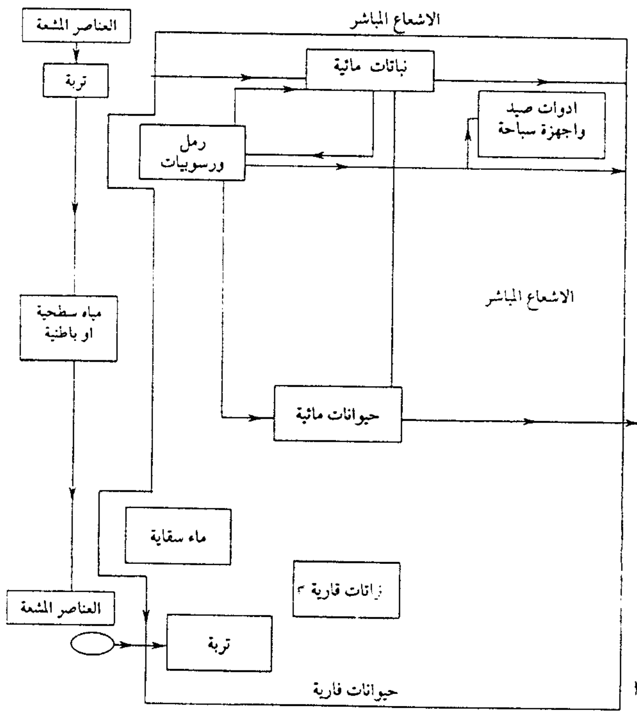
٤- حساسية الإنسان والبيئة لذلك الملوث ومدى تقبلها له.

٥- مدى الضرر الممكن تحمله وبشكل اقتصادي.

ان اطلاق أي نشاط اشعاعي إلى البيئة يمكن ان يؤدي إلى اضرار تعرضية في المحيط الحيوي. فهو ينتقل وفقا للطرق والمسارات المذكورة في المخططين (٢،٣) (الصطوف، ١٩٨٧، ص٣٣-٣٥).



الطرق التي يتم عبرها تفريغ العناصر المشعة في الجو وتصل إلى الإنسان.



الطرا ... سان.

يعتمد التأثير البايلوجي للإشعاع على جسم الإنسان على عدة عوامل منها:

١. نوع الإشعاعات: الفا - بيتا - كاما - نترونات.

٢. نوع التعرض للإشعاعات: تعرض خارجي - تلوث خارجي - تلوث داخلي.

٣. قابلية أعضاء الجسم المختلفة لتخزين المواد المشعة.

٤. نوع العضو أو جزء الجسم ومدى حساسيته للتعرض الإشعاعي.

حيث يؤثر الإشعاع على خلايا الجسم بأحدى الطريقتين:

١. الطريقة المباشرة: إذ يتم تكسير الروابط بين الذرات المكونة لجزئيات الأعضاء وتكوين جزيئات غريبة. مثال ذلك تأثير الإشعاع على نواة الخلية إذ يجعلها تنقسم انقساما سريعا وغير محكم وهذا يعرف بالنمو السرطاني. أو يؤثر الإشعاع على الجينات الوراثية مما يسبب تغيرا في تركيبها وبالتالي حدوث تشوهات في الأجنة.

٢. الطريقة غير المباشرة: إذ ان الإشعاعات لا تنتقل مباشرة وانما تقوم الإشعاعات بأنتاج عدد كبير من الجذور الحرة ضمن سوائل خاصة الماء. تقوم هذه الجذور الحرة بدورها بتكوين مركبات كيمياوية سامة. بهذه الطريقة يصبح تأثير الإشعاعات اكثر (الأحمد، ١٩٩٢، ص٢٥).

عموما، فقد تعرض الإنسان منذ ظهوره على سطح الكرة الأرضية إلى أنواع مختلف من التأثيرات نتيجة الإشعاعات الطبيعية، ولضعف هذه الإشعاعات لم يظهر تأثيرها الضار عليه بشكل واضح. ولكن اتضحت تأثيراتها الضارة بعد توفر مصادر الإشعاعات الصناعية المتنوعة، والتي أدت إلى وقوع حالات مرضية فورية وأخرى متأخرة بشكل أورام خبيثة ظهرت بعد مرور عدة سنوات من تعرض الإنسان إلى هذه الإشعاعات. لقد بذلت جهود كبيرة ولسنوات عديدة لمعرفة تأثير الإشعاع على جسم الانسان، ولكن صعوبة اجراء تجارب كهذه على البشر حالت دون تقدم هذه البحوث إلى المستوى المطلوب. لذلك نجد ان معظم معلوماتنا عن تأثير الإشعاع على الجسم البشري

تستند إلى دراسة الحوادث التي يسببها التعرض للإشعاعات والتي قد ينتج عنها أمراض عديدة مثل سرطان الدم وسرطان الرئة أو سرطان أي عضو آخر في الجسم بالإضافة إلى دراسة نتائج الحوادث والأحداث ذات الطبيعة الإشعاعية التي تتعرض لها البشرية. أو التي تتعرض لها أثناء الحروب التي تستخدم فيها الأسلحة النووية أو العناصر المشعة.

ويمكن تصنيف مخاطر أو أضرار تأثيرات الإشعاعات إلى صنفين:

١- الأضرار الصحية التي يحدثها تعرض جسم الإنسان إلى إشعاعات تسقط من الخارج وتسمى بالتعرض الخارجي للإشعاع.

٢- الأضرار التي تسببها الإشعاعات المنبعثة عن المواد المشعة التي تدخل جسم الإنسان عن طريق الفم أو التنفس وتسمى بالتعرض الداخلي للإشعاع.

كما يمكن تقسيم الأضرار أو المخاطر الناجمة من التعرض للإشعاع إلى مخاطر وراثية ومخاطر جسمية.وان المخاطر الوراثية ذات مردود سلبي ليس على الجيل الأول حسب. بل على الأجيال القادمة في المجتمع إلا ان العاهة والتشوه الخلقي سينتقل من الآباء إلى الأبناء والأجيال القادمة. أما المخاطر الجسيمة فلا تنتقل إلى الأجيال اللاحقة بل ينتهي في الأشخاص المصابين بها عند الوفاة. ان تأثير الإشعاع على الخلايا الجسمية تسبب أما توقف وظيفة الخلية والانقسام ثم موت الخلية أو تحفيز الخلية على الانقسام غير المسيطر عليه ونشوء خلايا سرطانية. ومن أهم التأثيرات الجسمية التي تظهر نتيجة التعرض إلى الإشعاع هي الاورام السرطانية والتشوهات الخلقية. فاذا تعرض انسان إلى جرعة إشعاع واطئة، لا تظهر عليه أي حالات مرضية وعند زيادتها قليلا عن الحد الأدنى لتحمل الإنسان تحدث تغيرات طفيفة في دمه فقط. وعند زيادة الجرعة إلى مقدار معتدل يبدأ ٥٪ إلى ٥٠٪ من الناس بالتقيؤ خلال الساعات الثلاث الأولى من تعرضهم لها ويشعرون بتعب وفقدان الشهية ويحدث تغير ملحوظ في دمهم وعادة يشفى المصاب إذا حظى بالمعالجة الطبية خلال بضعة اسابيع. اما إذا كانت الجرعة عالية، فيحدث عند جميع الأشخاص الذين يتعرضون لها تقؤ

خلال الساعتين الاوليتين او اقل من ذلك مع تغير كبير في الدم يكون مصحوبا بنزف وسقوط الشعر. وتقدر نسبة الوفيات في هذه الحالة من ٨٠٪ الى ١٠٠٪ وتحدث خلال شهرين ومن ينجو يتماثل للشفاء في زمن طويل كثيرا. (الخفاجي، ١٩٨٢، ص١٣٠-١٣٦). وكما في الجدول رقم (٢).

جدول (٢)

عوارض التعرض الحاد للاشعة

المدة الزمنية بعد التعرض	جرعة ما فوق المميتة ١٠٠٠راد	جرعة وسطية مميتة ٤٠٠راد	جرعة ما تحت المميتة ٢٠٠راد
الاسبوع الأول	غثيان وتقيوء خلال اليوم الأول	غثيان وتقيوء خلال اليوم الأول	
الاسبوع الثاني	غثيان وتقيوء، اسهال، حمى، التهاب البلعوم، انحلال، مؤداها الموت		
الاسبوع الثالث		توعك عام، فقدان الشهية، فقدان الشعر، نزيف، شحوب، اسهال، التهاب البلعوم، انحلال، مؤداها الموت لـ٥٠٪ من الاصابات	فقدان الشهية، فقدان الشعر، التهاب البلعوم، شحوب، نزيف، اسهال، يبدأ التماثل للشفاء، لا وفاة في غياب الاشتراكات

المصدر: سعود رعد، الإشعاع النووي، جروس بروس، لبنان، ١٩٨٦، ص٦٢.

عموما، تشير البيانات الكثيرة الى ان تعرض الإنسان الى جرعة عالية من الإشعاعات المؤينة ولو لمرة واحدة في حياته ينتج عنه احدى المخاطر او الاثار الاتية:-

١- السرطان: ان تعرض الإنسان للإشعاع يجعله عرضة للاصابة بمرض السرطان، إذ تنشأ عادة الاورام السرطانية في الانسجة التي اصابها تلف شديد من التعرض للإشعاع وتمتد الفترة الكامنة لذلك عشرين عاما. وتكون مراكز توليد كريات

الدم مهددة اكثر من غيرها فيصاب بسرطان الدم (اللوكيميا) وقد يصاب مركز الاعصاب أو الغدة الدرقية وغيرها.

٢- عتمة عدسة العين: وتكون بعد مرور فترة زمنية طويلة من تعرضه لها ويحدث ذلك بصورة تدريجية ومتزايدة. ويحدث هذا المرض إذا تجاوزت الجرعة المكافئة حدا معينا مقداره ١,٥ ريم. لذا ينبغي إلا تزيد الجرعة المكافئة التي تتعرض لها العيون طوال الحياة عن هذه القيمة.

٣- العقم: إذ يصاب الرجال والنساء على حد سواء عند تعرضهم للإشعاع بالعقم.

٤- الطفرات الوراثية: وهذه تحدث عادة خلال فترة التعرض لكن قد يتأخر ظهورها فترة طويلة من تعرض الإنسان للاشعاع. ويشمل كل التأثيرات التي تتعلق بالخصائص الوراثية وما ينتج عنها من انتقال تأثير الإشعاع إلى الأجيال القادمة نتيجة للخلل الذي يحدثه الإشعاع في التركيب الجيني للإنسان المتعرض.

ونتيجة للأحصائيات قدرت اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP) احتمال حدوث ولادات مشوهة وراثيا في حدود الجيلين الأول والثاني للشخص المتعرض للاشعاع. من أي من الوالدين بواقع عشرة اطفال لكل مليون إذا كانت الجرعة المكافئة لا تتجاوز ١٠٠ ميلليريم.

٥- التفسخ: ويظهر هذا التأثير بعد التعرض للإشعاع بفترة طويلة. حيث تبدأ حالات تفسخ في جميع أعضاء الجسم المختلفة بسبب فشل الانسجة المتعرضة في اداء عملية التجديد أو التوليد. وهذا يؤدي إلى توهين أو اتلاف عمل العضو وليس من الضروري ان يكون دائميا.

٦- قصر العمر: بطبيعة الحال. انم هذه التأثيرات تقصر من عمر الإنسان وتؤثر في طول حياة الأشخاص الذين يتعرضون للإشعاع.

ان تعرض كامل الجسم للاشعة يسبب سلسلة معقدة من الاضطرابات التي لها اشارات وعوارض سائدة يشملها الجدول السابق رقم (٢). وفي حالة كفاية الشدة. تصبح الاصابة مميتة خلال ثلاثين يوما لأكثرية الحيوانات في المختبر. لكن لموت الإنسان ان يتاخر حتى الشهر الثاني بعد حدوث الإشعاع.

وتختلف قابلية الموت باختلاف فصائل الكائنات الحية، غير ان المعدل الوسطي للجرعة الإشعاعية المميتة للحيوانات الثدية يساوي حوالي ٥٠٠راد (رعد، ١٩٨٦، ص٦٣) انظر الجدول رقم (٣)، ومنه يظهر ان الكائنات وحيدة الخلية هي الاكثرية مقاومة للإشعة بين الفصائل عامة، يليها الفيروسات والبكتريا، ويتساوى الفار والقرد، ويقاربهما الإنسان في مقاومته للاشعة. والملاحظ هنا ان الإنسان يمثل اضعف الكائنات المشار اليها في تصديه للاشعة. وبخصوص تأثير الإشعاع على النباتات، فقد اجريت دراسات مكثفة على خلايا النباتات لمعرفة تأثيرات الأشعة على الوراثة والكروموزومات وانقسام الخلايا، ولكن قلة من الدراسات اجريت على مستوى الانسجة والاعضاء النباتات. يظهر من الدلائل المتوفرة ان التأثيرات على النبات والحيوان متشابهة، وانتج إشعاع النباتات تنوع واسع من الاضطرابات من الطفرة في البذور، والاعاقة في النمو، إلى الموت لكن سبب الموت للنبات لم يعرف بعد. (رعد، ١٩٨٦، ٥٨-٥٩).

أما تأثيرات الأشعة على المواد، فان تفاعل الأشعة مع المواد يحدث تغيرات بخصائص الغازات السوائل والجوامد. تعد هذه التغيرات عادة مضرة، مثال ذلك، معدن لدن (لين العريكة) Ductile يصبح سريع الانكسار Brittle. ان تسليط الأشعة على المواد على درجة منخفضة من الحرارة تؤدي إلى استيفاء اقصى للشوائب الناتجة عن الاشعاع، تتحرك هذه الشوائب مع ارتفاع الحرارة ويحدث بعض السحق والابادة في المواد. ان التعرض الاجمالي، أي الكمية الإجمالية للاشعة هو الذي يقرر مدى الأضرار في المواد، ويظهر ان ليس هناك اهمية بارزة لمعدلات Rate الأشعة وتوتر هجومها (للاستزادة راجع: رعد/، ١٩٨٦، ص٦٦-٧٨).

نهاية المطاف فان التلوث لايعكس اثاره على الإنسان فحسب إنما يطال كل عناصر الوسط البيئي الحيوي، فالكل معرض للتلوث المباشر من خلال الهواء والماء والتربة الملوث بالعناصر المشعة.

جدول رقم (٣)

الجرعة الوسطية المميتة للاشعة السينية لفصائل مختلفة من الكائنات الحية

الكائن الحي	الجرعة الوسطية	المميتة
فيروسات	١٠٠٠٠٠	٢٠٠٠٠٠
بكتريا (مختارات)	٥٠٠٠	(١٢٠٠٠٠)
الطحلب (مختارات)	٤٠٠٠	٧٥٠٠
الاوليات (وحيدة الخلية)	٣٠٠٠٠٠	٣٣٠٠٠٠
الفقاريات:		
السمك الذهبي	٧٥٠	
الفار	٤٥٠	
ارانب	٨٠٠	
جراذين	٦٠٠	
قردة	٤٥٠	
الإنسان	٤٠٠	

المصدر: سعود رعد، الإشعاع النووي، جروس برس، لبنان، ١٩٨٦، ص٦٣.

٥- الجرع الإشعاعية القصوى المسموح بها:

يقصد بالجرعات القصوى المسموح بها من الإشعاع هي تلك الجرعات التي لايتوقع ان تسبب ضررا للفرد عند تكرار التعرض اليها طول فترة حياته.

لقد ساد الاعتقاد في الماضي بوجود حد معين من الإشعاع لاتحدث دونه أي اضرار، وتخطيه قد يتسبب بالاضرار. لكن هذه النظرية تغيرت خلال الخمسين سنة الماضية، نتيجة تطور لمعلومات جديدة وتمييز بين مختلف الأنواع من الأشعة.

في الثلاثينات من القرن الماضي، اعتمد المركز الدولي للحماية من الأشعة (CIPR) معدل ٦٤ريم في السنة كحد اقصى للجرعة المقبولة أو المسموح بها للإنسان بالتعرض لها. في سنة ١٩٥٦، وبعد مراقبة التأثيرات المباشرة للإشعاع على العاملين في هذا الحقل، اصبح معدل ٥ ريم يمثل الجرعة القصوى السنوية. أما في سنة ١٩٥٨، فقد اعتبر المجلس الوطني للحماية من الأشعة (NCPR) في الولايات المتحدة ان نسبة

٥،٠ريم تشكل المعدل السنوي الطبيعي للاشخاص العاديين. بينما خفض المركز الدولي هذه النسبة إلى ١٧،٠ريم في السنة. تغير الوضع مرة أخرى مع قدوم سنة ١٩٧٧ واذا بوكالة حماية البيئة التي تراقب مجمل التأثيرات على البيئة ومن جملتها الاشعاع. تضع الحد عند ٢٥،٠ريم في السنة.من جهة ثانية، اعتبرت وكالة البحوث والتطوير للطاقة (ERDA)، التابعة لوزارة الطاقة الأمريكية، ان مقدار ٠٠٥،٠ريم من الإشعاع في السنة يمثل المعدل الطبيعي المقبول للأشخاص المجاورين للأمكنة النووية (رعد، ١٩٨٦، ص١١٩-١٢٠).

من هنا يتبين ان معدل الجرعة من الأشعة قد انخفض انخفاضا شديدا جدا خلال الخمسين سنة الماضية. وبعد ابحاث طويلة في نهاية القرن الماضي اعتقد العلماء انه لايوجد جرعة مأمونة البتة من الاشعاع، اية جرعة مهما كانت صغيرة لابد ان تحمل معها مخاطرها، غير تلك الجرعات التي يتعرض لها الإنسان في بيئته الطبيعية. عموما فان الدول تتفاوت بالاجتهاد نحو اعتماد مستويات معدل الإشعاع وما يتبعها من نتائج ذات المدى القريب والبعيد.

وقد ذكرت الوكالة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP) الجرع الإشعاعية القصوى المسموحة للعاملين في حقول الإشعاع ولعامة الناس لمختلف مناطق الجسم، وكما في الجدول ادناه.

الجدول رقم (٤)

مقدار الجرع الإشعاعية القصوى للعاملين في حقول الإشعاع ولعامة الناس لمختلف مناطق الجسم

الأعضاء والانسجة	الجرع الإشعاعية القصوى للعاملين في حقول الإشعاع		جدول الجرع الإشعاعية لعامة الناس
	الجرعة السنوية بالميلليسيفرت	الجرعة ١/٤ السنوية بالميلليسيفرت	الجرعة السنوية بالميلليسيفرت
١- عموم الجسم، نخاع العظم، أعضاء التناسيل	٥٠	٣٠	٥
٢- العظام، الغدة الدرقية، جلد الجسم (البشرة)	٣٠٠	١٥٠	٣٠
٣- اليدان، الذراعان، الاقدام، الركبتان	٧٥٠	٤٠٠	٧٥
٤- أي عضو بصورة منفردة عدا نخاع العظام، الأعضاء التناسلية، الغدة الدرقية، الجلد (البشرة)	١٥٠	٨٠	١٥
٥- منطقة البطن للمرأة التي تعمل في حقل الإشعاع في سن انجاب الاطفال.	١٣	٥	-
٦- جنين المرأة الحامل التي تعمل في حقل الإشعاع طيلة فترة الحمل بعد تشخيصه	١٠	-	-

اسيفرت = ١٠٠ ريم   املي سيفرت = ١٠٠ كللي ريم

المصدر: قصي رشيد سعد، الوقاية من الإشعاع والتلوث، الدار العربية للطباعة، بغداد، ١٩٨٦، ص١١٦.

والى جانب هذا فهناك بيانات مختلفة توضح التركيزات القصوى المسموح بها للمواد المشعة المختلفة في الهواء وفي مياه الشرب والتربة والمأكولات، حددت من قبل منظمات وهيئات عالمية ومجالس ومراكز وطنية في بلدان اوربية مختلفة (للأطلاع على هذه البيانات راجع: رعد، ١٩٨٦، ص١١٩-١٢١)، وهذا هو السبب في الاختلاف بينها، أما السبب الاخر والمهم في اختلافها في البيانات المختلفة والمعطيات الاقليمية، والخلفيات المحلية، والواقع الطبيعي للبلاد المذكورة.

لقد خلص البحث إلى ما يأتي:

١- توجيه الاهتمام إلى الأخطار الناجمة عن تنامي دائرة الإشعاع.

٢- تبين ان مخاطر التلوث الإشعاعي على البيئة بعناصرها الأساسية الثلاث الهواء والماء والتربة قد اصبح واقعا ملموسا في كثير من دول العالم كما هو الحال في العراق.

٣- أظهر البحث ان مصادر التلوث الإشعاعي طبيعية واصطناعية، فالطبيعية تتمثل بالاشعة الكونية الاولية التي تتكون من بروتونات ٩١,٥٪ وجسيمات الفا ٧,٨٪ ومكونات اخرى، والاشعة الكونية الثانوية وتتكون من إلكترونات وبوزترونات وفوتونات. إضافة إلى الإشعاعات الصادرة من التربة حيث تبين ان الصخور النارية تحتوي على تراكيز اكثر للعناصر المشعة من الرسوبية الرملية والرسوبية الطينية والجبسية.

أما مصادر الإشعاع الصناعية فمنها الإشعاعات الناجمة من التفجيرات النووية (متساقطات إشعاعية) أو استخدام الأسلحة النووية.

أو الإشعاعات الناجمة من الاستخدامات الطبية أو الفضلات المختبرية والبحثية الناجمة عن الفعاليات البيلوجية والكيمياوية التي تستخدم فيها المواد المشعة.

٤- كما تبين ان الامكانية الوحيدة للتلوث الهوائي تكون من المنتجات الطيارة أو من الرذاذ السائل وخاصة في المناطق التي يتم فيها الاعمال الصناعية والمعاملة التعدينية لليورانيوم أو الثوريوم، ويشكل التلوث بفصل العناصر المشعة

الاصطناعية على شكل جزئيات دقيقة جدا معلقة ومحمولة في الهواء نسبة كبيرة.

٥- وظهر ايضا ان تلوث الماء الإشعاعي واحدا من النتائج السلبية لتزايد الاستخدامات النووية في مجالات متعددة فالمخلفات النووية بعضها تكون سائلة يتم تفريغها في الوسط المائي وتكون مصدرا اساسيا للتلوث بالعناصر المشعة، اضافة الى المخلفات المشعة الناتجة عن التجارب النووية والعمليات الحربية المستخدمة فيها العناصر المشعة حيث يعمل هذان المصدران على زيادة الاشعاعات الطبيعية للماء، كما تبين ان المياه السطحية فيها تذبذب وعدم استقرار في العناصر المشعة الرئيسة التي تكسب المياه النشاط الاشعاعي الطبيعي وهي (البوتاسيوم، نظير البوتاسيوم٣٩، والنواتج المنتمية الى عائلة اليورانيوم والثوريوم)، في حين ان المياه المعدنية الباطنية تكون ذات تركيز مرتفع من الراديوم والرادون واكثر استقرارا في المياه السطحية.

٦- كما تبين ان تلوث التربة الاشعاعي يكون نطاقه اضيق من الهواء والماء حيث تتعرض المناطق المتاخمة والمجاورة لوحدات الاستخراج المنجمية والمناطق التي يتم بها خزن المواد المشعة، او التي تتعرض للعناصر المشعة خلال العمليات الحربية الى تلوث مباشر بصورة دائمية. وبالتالي تلوث تتشبع التربة باعماق قليلة بالعناصر المشعة مما يسبب تلوث للنباتات والحيوانات التي تحصل على غذائها من التربة والماء الذي يقع ضمن نطاق هذه الملوثات وبالمحصلة الى الانسان.

٧- تشير البيانات الكثيرة الى أن تعرض الانسان الى جرعة عالية من الاشعاعات المؤينة ولو لمرة واحدة في حياته ينتج عنها احدى المخاطر وهي السرطان بكافة اشكاله، أو عتمة عدسة العين، او العقم أو الطفرات الوراثية وحدوث ولادات مشوهة وراثيا في حدود الجيلين الأول والثاني للشخص المتعرض للاشعاع. وكذلك التفسخ وقصر العمر.

وبشكل عام فان التلوث الاشعاعي لا يعكس آثاره على الانسان حسب، وانما

يطال كل عناصر الوسط البيئي الحيوي فالكل معرض للتلوث المباشر من خلال الهواء والماء والتربة الملوثة بالعناصر المشعة.

المصادر

١- الأحمد، خالد عبيد، (مقدمة في الفيزياء الصحية)، دار الكتب للطباعة والنشر - جامعة الموصل، الموصل، ١٩٩٣.

٢- الجنابي، محمود عبد الحسن جويهل، (دراسة الصفات الفيزياوية والكيمياوية واحتمالية تلوث المياه الجوفية في منطقة شثاثة - محافظة كربلاء)، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة بغداد، ٢٠٠١، (غير منشورة).

٣- الخفاجي، طالب ناهي، (منشآت توليد الطاقة النووية)، دار الحرية للطباعة، بغداد، ١٩٨٢.

٤- رعد، سعود، (الاشعاع النووية)، جروس برس، طرابلس، لبنان، ١٩٨٦.

٥- سعيد، قصي رشيد، (الوقاية من الاشعاع والتلوث)، منشورات منظمة الطاقة الذرية العراقية، الدار العربية للطباعة، بغداد، ١٩٨٦.

٦- الصطوف، عبد الاله الحسين، (التلوث الاشعاعي في الوسط المحيط)، مجلة المدينة العربية، منظمة المدن العربية، العدد/٢٧، السنة/٦، المطبعة العصرية، الكويت، ١٩٨٧.

٧- الغراوي، مؤيد عبد الحسين، (قياس النشاط الاشعاعي للحبوب والبقوليات المستوردة)، رسالة ماجستير، كلية التربية للبنات، جامعة بغداد، ١٩٩٩ (غير منشورة).

٨- مارتن، ألتن وهاريون، صاموئيل، (مقدمة في الوقاية من الاشعاع)، ترجمة: محمد باقر حسين البدري، بغداد، ١٩٨٩.

٩- محمود، طارق احمد، (علم وتكنولوجيا البيئة)، مطابع جامعة الموصل، الموصل، ١٩٨٩.